

TITLE OF THE INVENTION

射出成形品の製造パラメータの決定方法、射出成形品の製造方法、射出成形装置及びプログラム

BACKGROUND OF THE INVENTION5 Field of the Invention

【0001】 本発明は、樹脂を射出成形する場合の製造パラメータの決定方法、当該製造パラメータを用いた射出成形品の製造方法、射出成形装置及びプログラムに関する。

Related Background Art

10 【0002】 射出成形機を用いて樹脂を成形する場合、成形に必要な型締力を可能な限り小さくしたいとの要望がある。通常では装置への設定型締力は成形に必要な型締力に安全率を見込んだ値が用いられるため、成形に必要な型締力が小さいほど射出成形機の加圧駆動系出力も小さくて良く、小型装置への代替が可能な場合には、ランニングコストが低減されるからである。また、同一の装置であっても、必要な型締力が小さいほど、設定型締力低減による省電力化、金型の保護等の利点が得られる。

15 【0003】 型締力は、(キャビティ内の樹脂圧×投影面積)によって表されるので、成形に必要な最低限の型締力(最大型締力)を低減させるには、これらの双方又はいずれかを制御することになる。キャビティ内の樹脂圧は、使用する樹脂の流動性、流入速度、温度、ランナーを含む注入流路における圧損等をパラメータとして変化する。しかしながら、製品を安定的に成形するために、それぞれのパラメータに最適な範囲が決められており、これらの調整はその制約の範囲内で行わなければならない。一方、投影面積は製品形状が決まれば原則として決まってしまうものである。しかし、製品の形状によっては、実質的に投影面積を減少させることができる。

20 【0004】 例えば、日本国特開2002-355866号公報の第2頁に

は、製品形状が長手方向に延びている場合、キャビティ内に溶融樹脂を射出するゲートを充填開始側から充填完了側に向けて複数配置するとともに、前記充填開始側のゲートの射出開始から所定の時間差にて、前記溶融樹脂が順次前記キャビティ内へ射出することにより、充填の最終段階において、先に注入した樹脂がほぼ冷却・固化した状態になり、これにより、最終ゲートから射出される溶融樹脂が埋めるべき実質的な投影面積を、キャビティの全投影面積よりかなり小さくする技術が記載されている。

【0005】 また、射出成形においては、製品の寸法や形状に応じて複数のゲートを設けることが必要となるが、複数のゲートを用いた場合、各ゲートから流入した溶融樹脂の合流部においてウエルドが発生することとなる。このようなウエルド発生部では、溶融樹脂の合流の状態にもよるが、外観悪化や強度低下が懸念される。このため、可能な限りウエルドを外観上や強度上問題の無い位置に移すことが望まれている。

【0006】 例えば、日本国特開平8-118420号公報の第2~3頁には、第1のゲートから射出された樹脂が第2のゲートを通過するのとほぼ同時か又は通過した後、この第2のゲートから、軟化した樹脂材料を前記キャビティ内に射出することにより、ウエルドの発生を防止することが記載されている。また、日本国特開2001-277308号公報の第7~9頁には、成形品の形状を微小要素に分割し、成形品の成形プロセスの流動シミュレーションを行ない、成形品に発生するウエルドラインの発生位置を予測する技術が開示されている。そして、予測されたウエルドラインを基に、さらにバルブゲートの開閉を調整し、これを望ましい修正位置に移動させることが記載されている。

#### SUMMARY OF THE INVENTION

【0007】 しかしながら、前述した特開2002-355866号公報の第2頁に記載の技術によれば、長尺の形状では、注入の時間差を付けるタイミングの判断が容易であるものの、当該技術を一般的な形状の製品に応用するのは難し

い。一般的な形状では、注入のタイミングをどのようにずらせば所望の効果が得られるかを予測するのは非常に困難だからである。従って、ゲートからの射出の開始や、流入量の減少又は停止を行なうタイミングを判断するために、勘や経験を頼りに人手によって試行錯誤を繰り返す必要がある。

5 【0008】 また、前述した特開平8-118420号公報の第2~3頁に記載された方法でも、ゲートからの射出の開始や、流入量の減少又は停止を行なうタイミングを判断するために、勘や経験を頼りに人手によって試行錯誤を繰り返す必要がある。また、前述した特開2001-277308号公報の第7~9頁に記載された方法では、ウエルドの全体位置を制御しているのではなく、ウエルド上の特定の一点から補正值を計算しているので、例えば、三方からの樹脂流れが合流する複雑な形状を持つウエルドを制御することは困難であった。

10 【0009】 この発明は上記のような課題に鑑み、樹脂製品を射出成形する際に、人手による試行錯誤を繰り返すことなく、適正な製造パラメータを迅速に算出することで、成形に必要な型締力の低減やウエルド発生の抑制等の射出成形の適正化を図ることができる射出成形品の製造パラメータの決定方法、射出成形品の製造方法、射出成形装置及びプログラムを提供することを目的とする。

15 【0010】 この発明は、前記目的を達成するためになされたもので、キャビティへの複数の樹脂流入路を有する金型を用いて射出成形を行なう場合に、射出成形過程を計算する数値解析手法と計算機支援による最適化手法との組み合わせにより、前記樹脂流入路からキャビティへの樹脂材料の流入量を時系列的に設定する製造パラメータを求める特徴とする射出成形品の製造パラメータの決定方法である。

20 【0011】 この発明は、例えば、射出成形に必要な型締力を制御する場合に、非常に有効である。

25 【0012】 即ち、射出成形過程を計算する数値解析手法と計算機支援による最適化手法との組み合わせを用いて、樹脂流入路からの樹脂材料の流入量を時系

列的に設定する製造パラメータを求めるこことにより、人手による試行錯誤を繰り返すことなく、迅速に正確なパラメータを算出することができ、射出成形工程中に生じる最大型締力の制御を実効的に行なうことができる。なお、射出成形とは、広く射出成形全般を指し、例えば、射出プレス成形、射出圧縮成形、発泡射出成形等も含まれる。

【0013】 製造パラメータとしては、複数の樹脂流入路に配置された流入量調整弁の動作を制御するパラメータが好適である。金型への全樹脂流入量を調整する手段のような他の流量調整手段に関するパラメータを、独立的あるいは調整弁制御パラメータと併用して用いることができる。成形に用いる樹脂材料としては、対象とする製品や製造条件に応じて種々のものが採用可能であるが、熱可塑性樹脂が好適である。その場合には、前記樹脂流入路は保温手段を有するホットランナーとすることで、流量調整を円滑に行なうことができる。流入量調整弁は、いわゆるバルブゲートとして構成してもよい。

【0014】 流入量調整弁の動作の制御方法としては、流量を可変に制御するようにもよいが、実用的には、全開または全閉のどちらかに動作させるだけでも十分である。実用的な制約条件として、充填工程中の同時刻に少なくとも1つのバルブゲートが開いている条件の下で製造パラメータを最適化するのが好ましい。そして、最適化の作業を効率化するために、複数の樹脂流入路にそれぞれバルブゲートを配置した場合には、一つのバルブゲートをタイミング調整用ゲートに設定し、他のバルブゲート動作を任意に設定したときに、同時刻に少なくとも1つのバルブゲートが開いているように前記タイミング調整用ゲートの動作を制約するようにしてよい。

【0015】 この発明においては、樹脂成分に対し、発明の目的を損なわない範囲内で、ガラス纖維、シリカアルミナ纖維、アルミナ纖維、炭素纖維、麻、ケナフ等の植物より得られる有機纖維、合成纖維などの纖維状補強材；ホウ酸アルミニウムウィスカー、チタン酸カリウムウィスカーなどの針状の補強材；ガラス

ビーズ、タルク、マイカ、グラファイト、ウォラストナイト、ドロマイトなどの無機充填材；フッ素樹脂、金属石鹼類などの離型改良剤；染料、顔料などの着色剤；酸化防止剤；熱安定剤；紫外線吸収剤；帯電防止剤；界面活性剤などの通常の添加剤を1種以上添加することができる。この発明で使用可能な熱可塑性樹脂とは、一般に熱可塑性樹脂と称されるもの全てを指し、例えば、無定形ポリマー、半結晶性ポリマー、結晶性ポリマー、液晶ポリマー等であってよい。また、熱可塑性樹脂は、一種類であってもよく、複数のポリマー成分のブレンドであってもよい。

【0016】具体的には、低密度ポリエチレン、高密度ポリエチレン、プロピレン系樹脂、エチレンプロピレン共重合体等のオレフィン系樹脂；ポリスチレン、ハイインパクトポリスチレン、ABS樹脂等のスチレン系樹脂；ポリメチルメタクリレート等のアクリル系樹脂；ポリエチレンテレフタレート、ポリブチレンテレフタレート等のポリエステル系樹脂；ポリカーボネート、変性ポリカーボネート等のポリカーボネート系樹脂；ポリアミド66、ポリアミド6、ポリアミド46等のポリアミド系樹脂；ポリオキシメチレンコポリマー、ポリオキシメチレンホモポリマー等のポリアセタール樹脂；ポリエーテルスルホン、ポリエーテルイミド、熱可塑性ポリイミド、ポリエーテルケトン、ポリエーテルエーテルケトン、ポリフェニレンサルファイド等のエンジニアリングプラスチック、スーパーエンジニアリングプラスチック；セルロースアセテート、セルロースアセートブチレート、エチルセルロース等のセルロース誘導体；液晶ポリマー、液晶アロマチックポリエステル等の液晶系ポリマー；熱可塑性ポリウレタンエラストマー、熱可塑性スチレンブタジエンエラストマー、熱可塑性ポリオレフィンエラストマー、熱可塑性ポリエステルエラストマー、熱可塑性塩化ビニルエラストマー、熱可塑性ポリアミドエラストマー等の熱可塑性エラストマー等が挙げられる。

【0017】さらに好適な樹脂材料として、大型の自動車部品等に対して用いられる低流動性のポリプロピレン系樹脂が挙げられる。樹脂の流動性は、例えば、

JIS-K7210 に規定された方法で測定されるメルトフローレート (MFR、単位 : g/10 分) によって表される。この出願において低流動性樹脂として想定しているのは、上記の方法により、温度 230°C、荷重 2.16kg で測定された値が、0.5 ~ 2.0、好ましくは 1.0 ~ 1.0 の範囲にあるものである。汎用のポリプロピレン系熱可塑性樹脂において衝撃強度に優れる材料は、溶融時の流動性が低くなる傾向にあり、製品の耐衝撃性を向上させるには、可能な限り流動性の低い樹脂を選択するのが好ましい。MFR の値が 0.5 より小さいものに関しては、流動性があまりにも低く、射出成形法によって成形することは実用的でないと考えられる。また、MFR の値が 2.0 を超えるものについては、成形に必要な型締力が過大になってしまうという問題が起きにくい。

【0018】このような低流動性樹脂は、流動性の高い樹脂を成形するような条件で成形すると、必要な型締力が多大となり、成形機の型締能力を超えてしまったり、装置コストやランニングコストが増大する。しかしながら、このような樹脂であってもこの発明の方法によって必要な型締力を低下させることができるので、型締能力が小さい成形機でも成形が可能となり、あるいは成形のためのエネルギーコスト等を低減させることができる。

【0019】また、好適な樹脂材料としては、ポリプロピレン系熱可塑性樹脂も挙げられる。ポリプロピレン系熱可塑性樹脂としては、ホモポリプロピレン、ポリプロピレンと他のオレフィンとのブロック共重合体またはランダム共重合体、または、これらの混合物等が挙げられる。

【0020】ところで、この発明は、ウエルドの発生を制御する場合にも、非常に有効である。

【0021】即ち、射出成形過程を計算する数値解析手法と計算機支援による最適化手法との組み合わせを用いて、樹脂流入路からの樹脂材料の流入量を時系列的に設定する製造パラメータを求めるこにより、人手による試行錯誤を繰り返すことなく、迅速に正確に算出することができるので、射出成形品のウエルド

発生を抑制又はコントロールすることができる。なお、射出成形とは、広く射出成形全般を指し、例えば、射出プレス成形、射出圧縮成形、発泡射出成形等も含まれる。

【0022】 上記の製造パラメータを求める際に、成形品の特定の領域におけるウエルドの発生状態を評価するようにしてもよい。これにより、製品の使用目的等により適応したウエルドの発生状態の制御を行なうことができる。例えば、ウエルドの発生を制御する対象区域を複数の領域に区分し、これらの領域におけるウエルド発生量に重み付けをして合算したものをウエルド評価値として用いることにより、ウエルド発生を特定の領域に誘導し又は特定領域から回避することができる。上記の製造パラメータを求める際に、ウエルドの発生の制御に加えて、必要型締力の低減等の副次的な目的を採用してもよい。特定の領域は、離散した複数の領域であってもよい。また、異なる領域での発生の許容度に重みを付けることにより、それぞれに優先度を与えるようにしてもよく、これによってより細かい制御が可能となる。

【0023】 この発明の他の態様は、キャビティへの複数の樹脂流入路を有する金型を用いて射出成形を行なう場合に、射出成形過程を計算する数値解析手法と計算機支援による最適化手法との組み合わせにより、前記樹脂流入路からキャビティへの樹脂材料の流入量を時系列的に設定する製造パラメータを求め、この製造パラメータに基づいて前記樹脂流入路からの樹脂材料の流入量を時系列的に制御しつつ射出成形を行なうことを特徴とする射出成形品の製造方法である。

【0024】 この発明のさらなる他の態様は、キャビティへの複数の樹脂流入路を有する金型に前記樹脂流入路を介して樹脂材料を供給する成形機本体と、射出成形過程を計算する数値解析手法と計算機支援による最適化手法との組み合わせにより求められた製造パラメータを記憶する記憶部と、この製造パラメータに基づいて前記成形機本体を制御し、前記樹脂流入路からの樹脂材料の流入量を時系列的に制御しつつ射出成形を行なわせる制御部とを有することを特徴とする射

出成形装置である。上記の射出成形品の製造方法及び射出成形装置の態様では、上記の製造パラメータを用いて樹脂流入路からの樹脂材料の流入量を時系列的に制御する場合もあれば、装置特性に応じて上記の製造パラメータを加工（補正）した上で、当該加工（補正）された製造パラメータを用いて樹脂流入路からの樹脂材料の流入量を時系列的に制御する場合もある。

5

【0025】この発明のさらなる他の態様は、キャビティへの複数の樹脂流入路を有する金型を用いて射出成形を行なう場合に、射出成形過程を計算する数値解析手法と計算機支援による最適化手法との組み合わせにより、前記樹脂流入路からキャビティへの樹脂材料の流入量を時系列的に設定する製造パラメータを求める工程をコンピュータに実行させるプログラムである。

10

#### BRIEF DESCRIPTION OF THE DRAWINGS

【0026】図1は、この発明の一実施の形態を説明するための成形用キャビティとゲートの位置を示す図である。

15

【0027】図2は、この発明の一実施の形態を説明するための成形用キャビティと樹脂流路を示す図である。

【0028】図3は、この発明の射出成形品の製造パラメータの決定方法の一実施の形態を説明するフロー図である。

【0029】図4は、この発明の射出成形品の製造パラメータの決定方法の一実施の形態におけるゲート操作のパターンの一例を示す図である。

20

【0030】図5は、この発明の射出成形品の製造パラメータの決定方法の一実施の形態におけるゲート操作のパターンの他の一例を示す図である。

【0031】図6は、この発明の射出成形品の製造パラメータの決定方法の一実施の形態におけるゲート操作のパターンの他の一例を示す図である。

25

【0032】図7は、この発明の射出成形品の製造パラメータの決定方法の一実施の形態におけるゲート操作のパターンの他の一例を示す図である。

【0033】図8は、この発明の射出成形品の製造パラメータの決定方法の一

実施例におけるゲート操作のパターンを示す図である。

【0034】 図9は、この発明の一つの実施の形態を説明するフロー図である。

【0035】 図10は、この発明の一つの実施の形態におけるウエルドの制御方法を説明する図である。

【0036】 図11は、この発明の一つの実施の形態におけるウエルドの制御方法を説明する図である。

【0037】 図12は、この発明の他の実施の形態におけるウエルドの制御方法を説明する図である。

〔0038〕 図13は、この発明の射出成形装置の構成例を示す図である。

## DESCRIPTION OF THE PREFERRED EMBODIMENTS

【0039】 以下、図面を参照して、この発明の第1実施の形態及び第2実施の形態を詳しく説明する。これらの実施の形態では、図1に示すような一方向に長く伸びた（縦横比=16/3）平板状の部材を、予め決められた樹脂材料を用いて射出成形法により製造する場合を例示する。図2に示すように、キャビティCVには、平板の1つの側端の中央と左右に3つのゲート（G1, G2, G3）を配置している。この発明においては、ゲートの数は2つ以上であればよく、樹脂製品の形状や寸法に応じて適宜に設定することができる。

【0040】 第1実施の形態では、少なくとも1つのゲートをバルブによって開閉が可能なバルブゲートとして構成し、このバルブゲートの開度を調整することにより、型締力を最小とするような射出成形を行なう。また、後述する第2実施の形態では、少なくとも1つのゲートをバルブによって開閉が可能なバルブゲートとして構成し、このバルブゲートの開度を調整することにより、ウエルドが任意の位置に来るような射出成形を行なう。これらの実施の形態では、図2に示すように3つのゲートのいずれもバルブゲートとして構成されているが、後述する最適化の結果として、いずれかを全開又は全閉とすることになる場合には、実機の金型にはバルブゲートは不要となる。各ゲートは、ランナーリを介してノズ

ルN先端に連絡しており、ランナーRは中で樹脂が固化しないように所定の温度に制御された、いわゆるホットランナーになっている。

【0041】 図13には、第1実施の形態及び第2実施の形態での射出成形装置の構成例を示す。この図13に示すように、射出成形装置10は、図2のノズルNから溶融樹脂を供給する成形機本体11と、射出成形過程を計算する数値解析手法と計算機支援による最適化手法との組み合わせにより求められた製造パラメータを記憶する記憶部12と、この製造パラメータに基づいて成形機本体11を制御し図2の複数のゲートG1～G3からの溶融樹脂の流入量を時系列的に制御しつつ射出成形を行なわせる制御部13とを有している。

#### 【0042】 [第1実施の形態]

第1実施の形態では、射出成形過程を計算する数値解析と計算機支援による最適化手法の組み合わせにより、最大型締力が最小となるような各バルブゲートの開閉のタイミングを求める。射出成形過程を計算する数値解析の手法としては、近年、有限要素法をベースとし、成形中において要素間に作用する関係に基づく計算式を用いて樹脂の挙動を解析するものが、実用化されてきている。この実施の形態では、Moldflow Plastics Insight 2.0 rev1 (商品名: Moldflow Corporation 製) を使用している。計算機支援による最適化手法も、同様に多くのものが開発されている。ここでは、ソフトウェアとして、iSIGHT 6.0 (商品名: Engineous Software Inc. 製) を用い、非線形性の強い問題を扱うことになるため、解空間を大域的に探索でき、局所最適解 (Local Optimum) に陥る危険が少なく、大域最適値 (Global Optimum) を見つけやすいとされるSA (焼きなまし法) を用いた。以下に、解析の全般の流れを、図3のフロー図に沿って説明する。

#### 【0043】 (1) 解析用モデルの作成

【0044】 まず、ステップ2において、射出成形過程における樹脂の流れを解析するための解析用モデルを作成する。この実施の形態では、以下の長尺平板モデルを用いた。

寸法：幅 1600mm、長さ 300mm、厚さ 3mm

要素数：2862、節点数：1558、サイド 3 点ゲート

ランナー径：6mm  $\phi$  (ホットランナー)

ゲート：4mm  $\phi$   $\times$  7.5mmL (バルブゲート)

5 【0045】 (2) 成形条件の設定

【0046】 ステップ3において、射出成形を行なうための条件設定を行なう。

まず、材料として選択した樹脂の物性値等のデータを入力する必要がある。ここでは、樹脂として、表1に示すように、ポリプロピレン系樹脂である住友ノーブレン NP156(商品名、住友化学工業株式会社製、以下同様)、住友ノーブレン AH561、住友ノーブレン AZ564 を用いている。表1において、MFRはメルトフローレート(単位：g/10 分)であり、JIS-K7210 に規定されているように、温度 230°C、荷重 2.16 kg で測定される樹脂流動性を表す指標である。住友ノーブレン AH561 は低流動性樹脂として例示している。入力すべき物性値としては、例えば、熱伝導率、比熱、流動停止温度、粘度等がある。

10 15 【表1】

材料	フィラー	流動性
NP156 (MFR=3)	短纖維 GFPP、 GF30wt%	低流動性
AZ564 (MFR=30)	—	高流動性
AH561 (MFR=3)	—	低流動性

【0047】 他の成形条件として、樹脂温度／ホットランナー温度／金型温度を、それぞれ 200~240°C／200~240°C／50°C に設定し、射出速度は等速設定とし、射出時間が約 6~8 秒となるように設定した。

20 【0048】 (3) 計算機支援による最適化工程

【0049】 ステップ4 から後の工程は、計算機支援による最適化工程である。

すなわち、ステップ4において、設計変数と呼ばれる、求めるべきパラメータ（ここではバルブゲートの開閉のタイミング）の初期値を設定し、ステップ5において、樹脂の流入プロセスを計算し、ステップ6においてその結果ファイルを出力する。そして、ステップ7において、その結果ファイルに基づき、評価関数としての型締力を算出し、ステップ8において、その算出値が最適解に収束しているかを評価する。そして、収束していない場合には、ステップ9において、最適化手法のアルゴリズムに基づいて設計変数を修正し、ステップ5からステップ9までの工程を繰り返す。ステップ8において評価関数が最適解に収束していると判断された時には、最適化工程を終了する。

【0050】 最適化手法のアルゴリズムとしては、この実施の形態では、焼きなまし法を採用している。金属の焼きなましにおいては、ゆっくり冷やすことで、高い状態にあった各分子エネルギーが一様に低い状態に落ち着く。焼きなまし法はこれをモデルとしており、最適解の探索を急速に進めるのではなく、部分的には解の改悪を許すことで解の多様性を生み出し、大域探索を可能とする手法である。最適解への収束は、所定の回数の計算を行った後に判断するようにしている。

【0051】 (4) 開閉タイミングの設定における制約条件付与

【0052】 この実施の形態ではバルブゲートは3つ有り、開閉タイミングはこれら全てを独立に操作することを前提としてもよい。しかしながら、これらのバルブゲートは実作業上の制約から完全に独立に操作できない場合があり、そのような不要解を予め排除するように、最適化作業をより絞った条件下で行なう方が効率的である。そこで、以下のような制約条件を設けた。

【0053】 まず、この実施の形態では、各バルブゲートの開度自体を連続的にあるいは段階的に調整することはせず、実用性を考慮して開と閉の2位置のみを探るものとした。ここで、各バルブゲートが射出成形工程で採りうる動作パターンを考える。ホットランナー中では樹脂は固化しないから、各バルブゲートは射出成形の開始後でも閉状態で待機することができ、その後任意の時間に開動作

を行なうことができる。また、一度開となって樹脂が通過したバルブゲートを開とすることもできる。しかし、一度開としてから閉としたバルブゲートを開とすると、閉とする時間にもよるが、バルブゲートから先では樹脂の固化が進んでいる可能性があり、外観悪化等の成形不良が懸念される。従って、開→閉→開の操作パターンは採用しないこととした。従って、1つのバルブゲートの操作パターンとして考えられるのは、①常開、②常閉、③閉→開、④開→閉、⑤閉→開→閉の5パターンである。これを第1の制約条件とした。

【0054】 また、実成形上、全ゲートが同時に閉となると、ランナーやバルブゲートに異常な圧力が作用すると考えられるし、解析上もソフトウェア上の問題によりエラーが発生しやすい。その対策として、この実施の形態では、成形中、最低一つのゲートが開となっていることを第2の条件とした。

【0055】 第1と第2の条件を組み合わせた結果として、バルブゲートの動作に関して以下の制約条件が導かれる。すなわち、3つのうち、2つのバルブゲートは第1の条件の5つのパターン内において任意に操作できるが、双方が閉となるタイミングにおいては3番目のバルブゲートは開でなければならない。ここで、任意に動作できるバルブゲートを任意制御ゲート、他のゲートの動作から拘束を受けるゲートを調整用ゲートと呼ぶ。1つのバルブゲートを調整用ゲートに選択して、その条件下で設計変数を変化させる方法を以下に説明する。

【0056】 (5) 開閉タイミングの設定におけるケース分け

【0057】 例えば、バルブゲートA, B, Cの内で、バルブゲートA, Bを任意制御ゲートとし、バルブゲートCを調整用ゲートとして選択した場合の各バルブゲートのタイミングを変数として設定する場合の工程を具体的に説明すると、以下のようになる。

- 1)任意制御ゲートA、Bについての開閉タイミングを第1の条件下において任意に設定する。
- 2)設定されたゲートA、Bの開閉タイミングについて、射出開始から射出終了まで

の開時間帯を重ね合わせ、双方のゲートとも閉となるタイミングの有無を判定する。

3) ゲート A、B が同時に閉となるタイミングがなければ調整用ゲート C の開閉タイミングは制約条件無しに任意に設定することができる（図 4 のケース 1 参照）。

5) ゲート A、B 同時閉が存在すれば、その時間帯についてゲート C を開とする。開時間帯が複数できる場合には、第 1 の条件に従うように（開→閉→開のパターンは採らない）、開時間帯にはさまれた閉時間帯を開時間帯に変更して連続させる。この場合、ゲート C の開閉タイミングは、上記の開放時間を前後に延長する方向で変動させるという設定のみが可能である（図 5 のケース 2 参照）。図 6 に示すケース 3 では、成形の初期と終期にゲート A、B 同時閉が存在するので、成形の初期と終期においてゲート C は開である必要がある。一方、第 1 の条件より、開→閉→開のパターンは採用できないため、ゲート C は常時開となる。

【0058】 結論として、調整用ゲートとして C を選択した場合、ゲート A、B についての開閉タイミングは第 1 の条件下において任意に設定できるが、ゲート C は、ケース 1 の場合のように自由設定できるか、又はケース 2 の場合のように所定範囲を開放とするように、若しくはケース 3 の場合のように全範囲を開放とするように、拘束される。この実施の形態では、ステップ 4 又はステップ 9において、ゲート制御用プログラムがこのようなケース分けを判断した後、最適化支援ソフトがそれぞれの制約条件の範囲でバルブゲートの開閉タイミングを設計変数として設定し、最適化を行なう。1 つのゲートを調整用ゲート C とした場合に判定できなかった場合でも、別のゲートを調整用ゲートに選択して同様の工程を行なうことで解析精度が向上する場合も有る。なお、調整用ゲートの選択は、等価なものに関しては重複して行なう必要が無い。例えば、図 2 に示すバルブゲート G1 とバルブゲート G3 が対称の位置にあって射出成形条件上差異が無い場合には、一方のみを調整用ゲートとして選択すればよい。この実施の形態では、バルブゲートが 3 つの場合を例示したが、これが 4 つ以上の場合でも、同様である。

## 【0059】 (6) 設計変数としての開閉タイミングの設定

【0060】 上記のようなケース分けを前提として、設計変数としての開閉タイミングを設定する方法をさらに具体的に説明する。ここでは、設計変数を以下のように設定しており、これを参照して説明する。

5 ゲート A～ゲート C の開放タイミング (秒) ・・・  $tal, tb1, tcl$

ゲート A～ゲート C の開放継続時間 (秒) ・・・  $dta, dtb, dtc$

ゲート C の開タイミング変動係数 ・・・  $\alpha$

ゲート C の閉タイミング変動係数 ・・・  $\beta$

なお、 $tal, tb1, tcl$  は射出開始時を 0 としている。

10 【0061】 まず、調整用ゲートとしてゲート C を選択した後、ゲート制御用プログラムを用い、独立変数として任意制御ゲート A, B に関する開放タイミング  $tal, tb1$ 、開放継続時間  $dta, dtb$  を設定し、上述したケース分けを行なう。ケース 1 の場合は、ゲート C の開閉タイミングも独立に設定するから、結局  $tal, tb1, tcl$ 、及び  $dta, dtb, dtc$  の全てを独立変数として使用する。ケース 2 の場合は、15 図 7 に示すように、 $tal, tb1, dta, dtb$  から、ゲート C の開閉タイミング限界値  $to, tc$  (制約条件を満足するための必要最低限の値) を算出する。そして、この開の範囲を前後に延ばす場合を考慮すると、ゲート C の開閉タイミングを  $tco, tcc$  とした場合、

$$tco = to \times \alpha$$

20  $tcc = tc + (te - tc) \times \beta$

として設定される。ここで、 $te$  は射出完了の時間である。 $\alpha, \beta$  は、 $0 \leq \alpha \leq 1, 0 \leq \beta \leq 1$  を満たす任意の値で、これらを変化させることによりゲート C の開閉タイミングを任意に変動させることができる。

## 【0062】 (7) 評価関数

25 【0063】 評価関数として、最大型締力を算出した。型締力は、解析ソフトによってキャビティ内の樹脂圧を算出し、これに投影面積を掛けることによって

求められる。

【0064】 (8) 実施例 1

【0065】 図1に示すような製品を射出成形する際の開閉タイミングを、表1のNP156という材料を用いて成形する場合を、上述した解析モデルと手法を用いて最適化した計算例を説明する。調整用ゲートとしては、図2のバルブゲートG3を選択した場合について実施した。成形条件として、樹脂温度／ホットランナ一温度／金型温度をそれぞれ230°C／230°C／50°Cに、射出時間が約8秒となるように設定し、設計変数についてステップ4で設定した初期条件、及びステップ9で用いた制約条件は、以下の通りである。

①制約条件

$$0 \leq ta1 \leq 8, \quad 0 \leq tb1 \leq 8, \quad 0 \leq tc1 \leq 8, \quad 0 \leq dta \leq 8, \quad 0 \leq dtb \leq 8,$$

$$0 \leq dtc \leq 8$$

$$0 \leq \alpha \leq 1, \quad 0 \leq \beta \leq 1$$

計算では射出時間は約8秒弱（条件により変動）で完了するので、ta1～tc1、dta

～dtcの上限を8(秒)とした。

②初期条件

$$ta1=tb1=tc1=0, \quad dta=8, \quad dtb=dtc=0, \quad \alpha = \beta = 0.5$$

【0066】 その結果を、表2にまとめて示す。

[表 2]

条件	(射出開始後) ゲート開放タイミング <sup>*1</sup> [s]			タイミング調整ゲート <sup>*2</sup>	射出時間 [s]	型締力 [ton]
	ゲート 1	ゲート 2	ゲート 3			
①	○	×	×	—	7.8	2540
②	×	○	×	—	7.5	1310
③	○	×	○	—	7.8	1010
④	○	○	○	—	7.5	1140
⑤	5.6～end	2.4～4.5	0～6.2	ゲート 3	7.9	190

\*1 ○：常開、 ×：常閉

\*2 同時刻に全ゲートが閉となるのを回避するための調整用ゲート

### 【0067】 (9) 検討結果

【0068】 表2において、①～④は、成形途中でバルブゲートの開閉を行わない従来の方法によるもの、⑤は、端部側のゲートを調整用ゲートとして選択したものである。図8には、⑤の場合のゲート開放タイミングを示す。この図8に示すように、ゲート1は射出開始から5.6秒後まで閉じており、5.6秒後から射出完了まで開放される。ゲート2は射出開始から2.4秒後まで閉じており、2.4秒後から4.5秒後まで開放され、4.5秒後から射出完了まで閉じている。ゲート3は射出開始から6.2秒後まで開放され、6.2秒後から射出完了まで閉じている。このようにゲート開放と閉操作を組合せることにより、上記の表2に示すように、大幅な型締力の低減が可能となり、ゲート操作を行わない場合に1000トン強の型締力が必要であったところが、200トン弱まで低減できるとの結果を得た。

### 【0069】 (10) 実施例2

【0070】 図1に示すような製品を射出成形する際の開閉タイミングを、表

1 の AH561 という低流動性樹脂 (MFR=3) を材料として用いて成形する場合を、上述した解析モデルと手法を用いて最適化した計算例を説明する。成形条件として、樹脂温度／ホットランナー温度／金型温度をそれぞれ 220°C／220°C／50°C に、射出時間が約 6 秒になるように設定した。設計変数については、ステップ 4 で設定した初期条件は  $dta=6$  とした以外は実施例 1 と同じであり、ステップ 9 で用いた制約条件は、 $ta1 \sim tc1$ 、 $dta \sim dtc$  の上限を 6(秒) とした以外は同じである。なお、比較例として、AH561 について、樹脂温度／ホットランナー温度／金型温度がそれぞれ 220°C／220°C／50°C である温度条件下と、樹脂温度／ホットランナー温度／金型温度がそれぞれ 240°C／240°C／50°C である温度条件下で、ゲート開閉制御をしない場合（常開）について計算をした。また、表 1 の AZ564（高流動性樹脂、MFR=30）について、樹脂温度／ホットランナー温度／金型温度がそれぞれ 200°C／200°C／50°C である温度条件下と、樹脂温度／ホットランナー温度／金型温度がそれぞれ 220°C／220°C／50°C である温度条件下で、ゲート開閉制御をしない場合（常開）について計算をした。

15 【0071】 その結果を、表 3 にまとめて示す。

[表3]

材料	ゲート開閉制御無し (全ゲート常時開) の場合の 型締力(ton)		ゲート開閉制御*1			ゲート開閉 制御時の 型締力(ton)	
	200°C	220°C	240°C	G1	G2	G3	
AZ564 (MFR=30)	1010	840		○	○	○	220°C
AH561 (MFR=3)		1630	1470	○	○	○	

\*1 ○：常開

5

【0072】 表3では、高流動性樹脂であるAZ564と低流動性樹脂であるAH561について、ゲート操作を行わない従来の方法での解析結果を比較例として示した。これによれば、従来の方法では、高流動性樹脂の場合は、樹脂温度及びホットランナーテンプレート温度を220°Cとすれば1000トン以下の型締力で成形可能であるが、低流

動性樹脂については、樹脂温度及びホットランナー温度を 240°C としても型締力 1000 トン以下では成形できない。しかしながら、最適化されたバルブゲート操作を行なうことにより、220°Cにおいて低流動性樹脂についても型締力 500 トン以下で成形ができる。従って、低流動性樹脂 AH561 を高流動性樹脂の成形用装置と同じ装置を用いて低コストで成形することができる。また、高流動性樹脂に替えて低流動性樹脂を採用することにより、条件によっては製品の薄肉化ができる場合もある。

【0073】 以上説明したように、第1実施の形態によれば、樹脂流入路からキャビティへの樹脂材料の流入量を時系列的に設定する製造パラメータを、射出成形過程を計算する数値解析手法と計算機支援による最適化手法の組み合わせを用いて求めることにより、人手による試行錯誤を繰り返すことなく、迅速に正確なパラメータを算出することができる。従って、任意の形状の樹脂製品を射出成形する場合でも、最大型締力を低く抑えることにより、装置の小型化、製造コストの減少を図ることができるような射出成形品の製造パラメータの決定方法を提供することができる。

#### 【0074】 [第2実施の形態]

第2実施の形態では、射出成形過程を計算する数値解析と計算機支援による最適化手法の組み合わせにより、ウエルドが任意の位置に来るような各バルブゲートの開閉のタイミングを求める。射出成形過程を計算する数値解析の手法としては、近年、有限要素法をベースとし、成形中において要素間に作用する関係に基づく計算式を用いて樹脂の挙動を解析するものが、実用化されてきている。この実施の形態では、Moldflow Plastics Insight 2.0 rev1 (商品名: Moldflow Corporation 製) を使用している。計算機支援による最適化手法も、同様に多くのものが開発されている。ここでは、ソフトウェアとして、iSIGHT 6.0 (商品名: Engineous Software Inc. 製) を用い、非線形性の強い問題を扱うことになるため、解空間を大域的に探索でき、局所最適解 (Local Optimum) に陥る危険が少なく、

大域最適値（Global Optimum）を見つけやすいとされるSA（焼きなまし法）を用いた。以下に、解析の全般の流れを、図9のフロー図に沿って説明する。

【0075】 (1) 解析用モデルの作成

【0076】 まず、ステップ12において、射出成形過程における樹脂の流れを解析するための解析用モデルを作成する。この実施の形態では、以下の長尺平板モデルを用いた。

寸法：幅1600mm、長さ300mm、厚さ3mm

要素数：2862、節点数：1558、サイド3点ゲート

ランナー径：6mm  $\phi$ （ホットランナー）、ゲート：4mm  $\phi$   $\times$  7.5mmL（バルブゲート）

【0077】 (2) 成形条件の設定

【0078】 ステップ13において、射出成形を行なうための条件設定を行なう。まず、材料として選択した樹脂の物性値等のデータを入力する必要がある。

ここでは、樹脂としてポリプロピレン系熱可塑性樹脂である住友ノーブレン

NP156（商品名、住友化学工業株式会社製、短纖維GFPP、GF30wt%）を用いている。

必要な物性値としては、例えば、熱伝導率、比熱、流動停止温度、粘度等がある。

他の成形条件として、樹脂温度／ホットランナー温度／金型温度を、それぞれ

230°C／230°C／50°Cに設定し、射出速度は等速設定とし、射出時間が約8秒となるように設定した。

【0079】 (3) 計算機支援による最適化工程

【0080】 ステップ14から後の工程は、計算機支援による最適化工程である。すなわち、ステップ14において、求めるべきパラメータ（設計変数と呼ばれる：ここではバルブゲートの開閉のタイミング）の初期値を設定し、ステップ15において、樹脂の流入プロセスを計算し、ステップ16においてその結果ファイルを出力する。そして、ステップ17において、その結果ファイルに基づき、

ウエルド発生に関する評価関数を算出し、ステップ18において、その算出値が最適解に収束しているかを評価する。そして、最適解に収束していない場合には、

ステップ19において、最適化手法のアルゴリズムに基づいて設計変数を修正し、ステップ15からステップ19までの工程を繰り返す。ステップ18において評価関数が最適解に収束していると判断された時には、最適化工程を終了する。

【0081】 最適化手法のアルゴリズムとしては、この実施の形態では、焼きなまし法を採用している。金属の焼きなましにおいては、ゆっくり冷やすことで、高い状態にあった各分子エネルギーが一様に低い状態に落ち着く。焼きなまし法はこれをモデルとしており、最適解の探索を急速に進めるのではなく、部分的には解の改悪を許すことで解の多様性を生み出し、大域探索を可能とする手法である。最適解への収束は、所定の回数の計算を行った後に判断するようにしている。

【0082】 (4) 開閉タイミングの設定における制約条件付与

【0083】 この実施の形態ではバルブゲートは3つ有り、開閉タイミングはこれら全てを独立に操作することを前提としてもよい。しかしながら、これらのバルブゲートは実作業上の制約から完全に独立に操作できない場合がある。また、最適化作業をより絞った条件下で行なうことにより最適化作業を効率化することができる。そこで、以下のような制約条件を設けた。

【0084】 まず、この実施の形態では、各バルブゲートの開度自体を連続的にあるいは段階的に調整することはせず、実用性を考慮して開と閉の2位置のみを探るものとした。ホットランナー中では樹脂は固化しないから、各バルブゲートは射出成形の開始後でも閉状態で待機することができ、その後任意の時間に開動作を行なうことができる。また、一度開となつて樹脂が通過したバルブゲートを閉とすることもできる。一方、一度開とした後に閉としたバルブゲートを開とすると、閉とする時間にもよるが、バルブゲートから先では樹脂の固化が進んでいる可能性があり、外観悪化等の成形不良が懸念される。従つて、1つのバルブゲートの操作パターンとして、①常開、②常閉、③閉→開、④開→閉、⑤閉→開→閉の5パターンが好ましく、これを制約条件1aとした。また、より簡略な制約条件としては、開→閉のパターンを用いないものが考えられる。すなわち、①

常開、②常閉、③閉→開の3パターンからなるものを制約条件1bとした。

【0085】 また、実成形上、全ゲートが同時に閉となると、ランナーやバルブゲートに異常な圧力が作用すると考えられるし、解析上もソフトウェア上の問題によりエラーが発生しやすい。その対策として、成形中、最低一つのゲートが開となっていることを制約条件2aとした。また、より簡略な条件としては、常時特定の1つのゲートを開とすることが考えられる。これを制約条件2bとした。

【0086】 (5) 設計変数としての開閉タイミングの設定

【0087】 制約条件1a, 1bのいずれかと制約条件2a, 2bのいずれかを組み合わせることにより、バルブゲートの動作に関して種々の制約条件が導かれる。ここでは、一番簡略な組み合わせである、1b, 2bの組み合わせを採用した。つまり、3つのゲートのうち、常時開とするものをまず調整用ゲートとして選択し、次に、他の2つのゲートを任意制御ゲートとして、これらを開とするタイミングを独立な設定変数として、最適化を行う。この実施の形態では、ゲートG1を常時開とする場合と、ゲートG2を常時開とする場合の双方について行った。

【0088】 (6) 評価関数

【0089】 評価関数としては、この実施の形態では、(ウェルド発生+成形に必要な型締力)を用いた。ウェルド発生だけを評価すると、多くの最適解が得られるので、型締力の低減を副次的な評価関数として採用した。型締力を低減させることは、装置の小型化や、エネルギー節約、金型の保護等につながり、コストの低減を図ることができるからである。以下、それぞれについて説明する。

【0090】 (6-1) ウェルド発生に関する評価

①ウェルドの判定

解析モデルの各節点毎に、フローフロント合流角を計算し、これに基づいて判定した。

【0091】 ②特定領域内のウェルド検出

成形品によっては特定領域内のウエルド発生を回避（他の領域にウエルドを移動）できれば良いケースもあることより、特定領域内のウエルドのみを検出するプログラムを作成した（図10参照）。このプログラムでは、図11に示すように、予め指定された領域S（製品と中心及び長手方向を同じくする長方形形状の領域で、製品中央の幅400mm×長さ100mmの部分）内に存在するウエルド発生点のみカウントし、その個数をファイルに出力する。特定領域の設定は、例えば、多角形領域であれば座標値を用いた不等式等で範囲を指定することができるが、領域内の節点を記憶させる方法により任意の形状の領域を指定することができる。

【0092】 (6-2) 成形に必要な型締力

【0093】 型締力は、解析モデルによってキャビティ内の樹脂圧を算出し、これに投影面積を掛けることによって求められる。

【0094】 (6-3) 最終的な評価関数

【0095】 特定領域内のウエルド発生数（節点数）をA[個]、成形に必要な型締力をB[ton]とした場合に、評価関数を、評価関数 =  $A \times \delta + B$ によって与えた。δは重み付けの因子で、ウエルド発生を重視する場合はこれを大きくする。この実施の形態では、 $\delta = 1000$ とし、ウエルド発生を防止することを優先した。なお、ウエルドの評価は、前記のような発生節点数を用いるのが簡便であるが、解析モデルにおける節点の間隔が均一でない場合には、ウエルド長さに換算する方が好ましい。また、ウエルドの発生量に加えて、あるいはこれに替えて強度を評価することもでき、樹脂が合流する際の温度、圧力、あるいは合流角度等の条件を加味することによってより精度の高い結果が得られる。

【0096】 (7) 開閉タイミングの最適化計算例

【0097】 図1に示すような製品を射出成形する際の開閉タイミングを、以下の初期条件と制約条件を設定して最適化した。以下において、 $t_1$ 、 $t_2$ 、 $t_3$ はそれぞれゲートG1、ゲートG2、ゲートG3の開放のタイミングであり、射出開始を0としている。

## (条件 A)

ゲート G1 を常開とし、ゲート G2, G3 の開放タイミング変動の場合

制約条件 :  $10.0s \geq t2 \geq 0s$ 、 $10.0s \geq t3 \geq 0s$

初期条件 :  $t2 = 5.0s$ 、 $t3 = 5.0s$

## 5 (条件 B)

ゲート G2 を常開とし、ゲート G1, G3 の開放タイミング変動の場合

制約条件 :  $10.0s \geq t1 \geq 0s$ 、 $10.0s \geq t3 \geq 0s$

初期条件 :  $t1 = 5.0s$ 、 $t3 = 5.0s$

【0098】 結果を、表4及び表5に示す。

【表4】

条件	最適ゲート開放タイミング*1 (フローフロンクト到達時刻) [s]			ウェルド発生数 (筋点数)		型締力 [ton]	備考
	ゲート1	ゲート2	ゲート3	全領域 (1600w× 300L)	領域S (400w× 100L)		
①	○	×	×	0	0	2540	一点ゲート
②	○	△ (4.7)	△ (6.7)	0	0	1660	カスケード 制御
③	○	×	○	18	6	1010	二点ゲート
A	○	0.7	4.0	14	0	1100	バルブ制御 最適結果

\*1 ●・○：常開、×：常閉、△：フローフロンクト到達以降開放（カスケード制御）

[表 5]

条件	最適ゲート開放タイミング <sup>*1</sup> (フローフロント到達時刻) [s]		ウェルド発生数 (節点数)		型締力 [ton]	備考
	ゲート1	ゲート2	全領域 (1600W× 300L)	領域S (400W× 100L)		
④	×	○	×	0	0	1310 一点ゲート
⑤	△ (5.3)	○	△ (5.3)	0	0	1160 カスケード 制御
⑥	○	○	○	18	0	1140 三点ゲート
B	4.5	○	3.1	10	0	1130 ベルブ制御 最適結果

\*1・・○：常開、×：常閉、△：フローフロント到達以降開放（カスケード制御）

## 【0099】 (8) 検討結果

【0100】 表4及び表5において、①～⑥は従来の方法によるもので、①、  
5 ④は一点ゲート、②、⑤は最初に開となったゲートから流入した樹脂が他のゲー  
トに到達した時に他のゲートを開とする、いわゆるカスケード制御の場合、③は  
常開の二点ゲート、⑥は常開の三点ゲートである。これらの表4、表5に示すよ

うに、この実施の形態では、ゲート開放タイミングを操作するだけで、所望の領域におけるウェルド発生を抑制しつつ型締力を低レベルに維持することが可能となり、成形製品の使用目的に応じた実用的な成形方法を提供することができる。

【0101】 なお、上の実施の形態では、ウェルド発生を抑制する領域を1個所のみとしたが、複数に分散した領域の場合でも評価関数をそれぞれの発生数の和として構築することにより同様に取り扱うことができる。また、領域ごとにそれぞれに重みを付けた和とすることにより、重要度の異なる複数の領域を取り扱うこともできる。このように領域ごとにウェルドの発生を制御することにより、ウェルドの発生位置をより細かく制御することができる。

【0102】 例えば、図1に示す平板状の部材を、図12に示すように幅方向に16の領域に分割し、ウェルドをそのうちの領域5、11に誘導する場合を説明する。すなわち、各領域にウェルドの発生を防止したい、あるいは発生させたい程度に応じた重み付け係数Asを設定する。そして、各領域で検出されたウェルド発生数と重み付け係数の積の総和としてウェルド評価値を定義する。

$$\text{ウェルド評価値} = \sum As * Ws$$

s : 領域ナンバー (S=1~16) 、 As : 各領域の重み付け係数

Ws : 各領域で発生したウェルド数 (節点数)

【0103】 重み付け係数は、例えば、ウェルドを発生させたい領域の係数を1、その領域から最も離れた領域の係数を2500とし、各領域に1~2500の係数を以下のようにステップ状に与える。

A5、 A11	.. 1
A4、 A6、 A10、 A12	.. 500
A3、 A7、 A9、 A13	.. 1000
A2、 A8、 A14	.. 1500
A1、 A15	.. 2000
A16	.. 2500

この場合、各重み付け係数  $As$  には、型締力  $B[ton]$  に対する重み付けを既に含めて決めているので、評価関数は、

$$\text{評価関数} = \sum As * Ws + B$$

で与えられる。このように設定することにより、重み付け係数  $As$  の大きい領域におけるウエルド発生数は大きく評価され、小さい領域におけるウエルド発生数は小さく評価されるので、ウエルドは重み付け係数  $As$  の小さい領域に誘導される。このような重み付け係数  $As$  の与えかたは、状況に応じて適宜に設定することができる。

**【0104】** なお、上記の領域毎に重み付け係数を設定して、その総和として評価値を定める考え方は、ウエルド発生量を節点の数ではなく、連続する節点を結ぶ長さで評価する場合も同様に適用できる。また、ウエルドの発生量に加えて、あるいはこれに替えて、樹脂が合流する際の温度、圧力、あるいは合流角度等の条件を加味することによって強度を評価する場合も、同様に適用できる。

**【0105】** また、この実施の形態では、副次的な評価関数として型締力を採用したが、個々の条件に応じて適宜のパラメータを採用することができる。また、この実施の形態では、評価関数を複数の要素評価関数の和として構築したが、状況に応じた適宜の演算式を用いることができる。

**【0106】** 以上説明したように、第2実施の形態によれば、樹脂流入路からの樹脂材料の流入量を時系列的に設定する製造パラメータを、人手による試行錯誤を繰り返すことなく、迅速かつ正確に算出することができる。従って、任意の形状の樹脂製品を射出成形する場合でも、ウエルド発生を抑制又はコントロールすることができる。また、評価関数を、領域ごとにそれぞれに重みを付けた和とすることにより、重要度の異なる複数の領域を取り扱うことができ、ウエルドの発生をより細かく制御することができる。また、副次的な評価関数として成形に必要な型締力を用いることにより、装置や作業コストの低減を図ることができる。

What is claimed is:

1. キャビティへの複数の樹脂流入路を有する金型を用いて射出成形を行なう場合に、

射出成形過程を計算する数値解析手法と計算機支援による最適化手法との組み合わせにより、前記樹脂流入路からキャビティへの樹脂材料の流入量を時系列的に設定する製造パラメータを求める特徴とする射出成形品の製造パラメータの決定方法。

2. 射出成形に必要な型締力を制御するために、前記製造パラメータを求める特徴とするクレーム 1 記載の射出成形品の製造パラメータの決定方法。

3. 前記製造パラメータは、前記複数の樹脂流入路に配置された流入量調整弁の動作を制御するパラメータである特徴とするクレーム 1 記載の射出成形品の製造パラメータの決定方法。

4. 成形に用いる樹脂材料が熱可塑性樹脂である特徴とするクレーム 1 記載の射出成形品の製造パラメータの決定方法。

5. 成形に用いる樹脂材料がポリプロピレン系樹脂である特徴とするクレーム 1 記載の射出成形品の製造パラメータの決定方法。

6. 成形に用いる樹脂材料が低流動性樹脂である特徴とするクレーム 1 記載の射出成形品の製造パラメータの決定方法。

7. 前記樹脂流入路は保温手段を有するホットランナーである特徴とするクレーム 1 記載の射出成形品の製造パラメータの決定方法。

8. 前記流入量調整弁がバルブゲートである特徴とするクレーム 3 記載の射出成形品の製造パラメータの決定方法。

9. 前記バルブゲートの動作の制御方法が全開または全閉のどちらかである特徴とするクレーム 8 記載の射出成形品の製造パラメータの決定方法。

25 10. 充填工程中の同時刻に少なくとも 1 つのバルブゲートが開いている条件の下で製造パラメータを最適化すること特徴とするクレーム 8 記載の射出成形

品の製造パラメータの決定方法。

11. 複数の樹脂流入路にそれぞれバルブゲートを配置し、一つのバルブゲートをタイミング調整用ゲートに設定し、他のバルブゲート動作を任意に設定したときに、同時刻に少なくとも1つのバルブゲートが開いているように前記タイミング調整用ゲートの動作を制約すること特徴とするクレーム10記載の射出成形品の製造パラメータの決定方法。

12. 前記製造パラメータは、金型への全樹脂流入量を調整する手段の動作を設定するパラメータを含むことを特徴とするクレーム1記載の射出成形品の製造パラメータの決定方法。

13. ウエルドの発生を制御するために、前記製造パラメータを求めることが特徴とするクレーム1記載の射出成形品の製造パラメータの決定方法。

14. 前記ウエルドの発生の制御は、発生位置の制御であることを特徴とするクレーム13記載の射出成形品の製造パラメータの決定方法。

15. 前記製造パラメータを求める際に、成形品の特定の領域におけるウエルドの発生状態を評価することを特徴とするクレーム13記載の射出成形品の製造パラメータの決定方法。

16. ウエルドの発生を制御する対象区域を複数の領域に区分し、これらの領域におけるウエルド発生量に重み付けをして合算したものをウエルド評価値として用いることにより、ウエルド発生を特定の領域に誘導し又は特定領域から回避することを特徴とするクレーム13記載の射出成形品の製造パラメータの決定方法。

17. 前記製造パラメータを求める際に、ウエルドの発生の制御に加えて、副次的な目的を採用することを特徴とするクレーム13記載の射出成形品の製造パラメータの決定方法。

18. キャビティへの複数の樹脂流入路を有する金型を用いて射出成形を行う場合に、

射出成形過程を計算する数値解析手法と計算機支援による最適化手法との組み合わせにより、前記樹脂流入路からキャビティへの樹脂材料の流入量を時系列的に設定する製造パラメータを求め、

この製造パラメータに基づいて前記樹脂流入路からの樹脂材料の流入量を時系列的に制御しつつ射出成形を行なう

ことを特徴とする射出成形品の製造方法。

19. キャビティへの複数の樹脂流入路を有する金型に前記樹脂流入路を介して樹脂材料を供給する成形機本体と、

射出成形過程を計算する数値解析手法と計算機支援による最適化手法との組み合わせにより求められた製造パラメータを記憶する記憶部と、

この製造パラメータに基づいて前記成形機本体を制御し、前記樹脂流入路からの樹脂材料の流入量を時系列的に制御しつつ射出成形を行なわせる制御部とを有することを特徴とする射出成形装置。

20. キャビティへの複数の樹脂流入路を有する金型を用いて射出成形を行なう場合に、射出成形過程を計算する数値解析手法と計算機支援による最適化手法との組み合わせにより、前記樹脂流入路からキャビティへの樹脂材料の流入量を時系列的に設定する製造パラメータを求める工程をコンピュータに実行させるプログラム。

ABSTRACT OF THE DISCLOSURE

本発明は、樹脂製品を射出成形する際に、人手による試行錯誤を繰り返すことなく、適正な製造パラメータを迅速に算出することで、成形に必要な型締力の低減やウェルド発生の抑制等の射出成形の適正化を図ることを目的とする。キャビティ CV への複数の樹脂流入路 N, R, G1, G2, G3 を有する金型を用いて射出成形を行なう場合に、射出成形過程を計算する数値解析手法と計算機支援による最適化手法の組み合わせにより、樹脂流入路からの樹脂材料の流入量を時系列的に設定する製造パラメータを求める。